

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-109713

(43)Date of publication of application : 12.04.2002

(51)Int.Cl. G11B 5/66  
G11B 5/738  
H01F 10/08  
H01F 10/26

(21)Application number : 2000-301466

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 29.09.2000

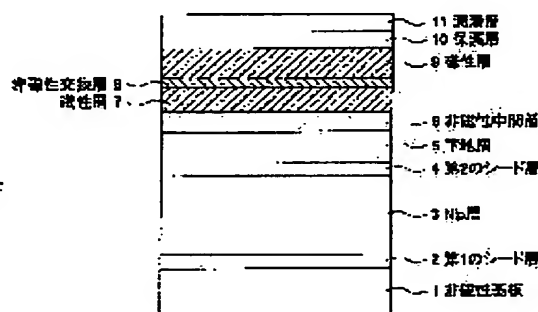
(72)Inventor : INOMATA AKITA  
NOEL ABARA  
B RAMAMURTI ACHARYA

## (54) MAGNETIC RECORDING MEDIUM AND MAGNETIC STORAGE DEVICE USING THE SAME

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic recording medium such that high density recording with the high reliability can be performed by reducing the medium noise while improving the thermal stability of the bit.

SOLUTION: This medium is a magnetic recording medium including a plurality of magnetic layers and causing the magnetization direction in a residual magnetization state of at least one magnetic layer among a plurality of these magnetic layers to turn into an anti-parallel position to the magnetization direction of an adjacent magnetic layer. Wherein after the magnetization direction turned into the anti-parallel position is changed into a parallel position to the magnetization direction of the adjacent magnetic layer by applying recording field, as the recording field decreases the reversal magnetic field so as to that cause the magnetization direction to invert and to changes into the anti-parallel position to the magnetization direction of the adjacent magnetic layer becomes obvious. This reversal magnetic field is established so that it may be in a domain of the same sign as the recording field.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 24.01.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 09.08.2005

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2005-17258

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 08.09.2005

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-109713

(P2002-109713A)

(43) 公開日 平成14年4月12日 (2002. 4. 12)

(51) IntCl <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード <sup>*</sup> (参考)
G 1 1 B	5/66	G 1 1 B	5 D 0 0 6
	5/738		5 E 0 4 9
H 0 1 F	10/08	H 0 1 F	
	10/26		

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2000-301466 (P2000-301466)

(22) 出願日 平成12年9月29日 (2000. 9. 29)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72) 発明者 猪又 明大

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 ノエル アバラ

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 100070150

弁理士 伊東 忠彦

最終頁に続く

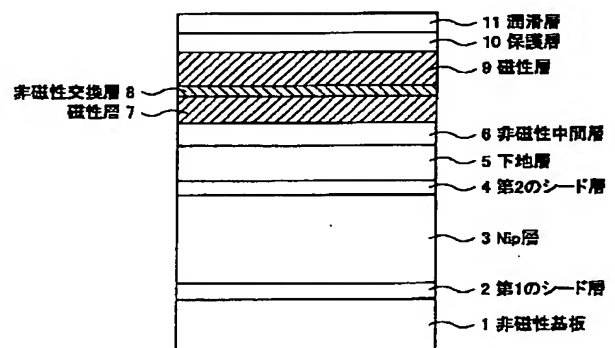
(54) 【発明の名称】 磁気記録媒体及びこれを用いた磁気記憶装置

(57) 【要約】

【課題】 ビットの熱安定性を向上すると共に媒体ノイズを低減して、信頼性の高い高密度記録が行える磁気記録媒体を提供する。

【解決手段】 複数の磁性層を含み、残留磁化状態で該複数の磁性層のうちで少なくとも1の磁性層の磁化方向が隣の磁性層の磁化方向と反平行状態となる磁気記録媒体であって、記録磁界が供給され前記反平行状態となる磁性層の磁化方向が前記隣の磁性層の磁化方向と平行状態された後、該記録磁界が減じたときに該磁化方向を反転させ前記隣の磁性層の磁化方向と反平行状態とする反転磁界が顕在化し、該反転磁界は前記記録磁界と同一符号の領域に存するように設定されている。

本発明になる磁気記録媒体の第1実施例の要部を示す断面図



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の磁性層を含み、残留磁化状態で該複数の磁性層のうちで少なくとも1の磁性層の磁化方向が隣の磁性層の磁化方向と反平行状態となる磁気記録媒体であって、

記録磁界が供給され前記反平行状態となる磁性層の磁化方向が前記隣の磁性層の磁化方向と平行状態された後、該記録磁界が減じたときに該磁化方向を反転させ前記隣の磁性層の磁化方向と反平行状態とする反転磁界が顕在化し、該反転磁界は前記記録磁界と同一符号の領域に存するように設定されている、磁気記録媒体。

【請求項2】 請求項1記載の磁気記録媒体において、前記反平行状態となる磁性層と前記隣の磁性層との間には、反強磁性交換結合を励起する非磁性交換層が形成されている、ことを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項3】 請求項2記載の磁気記録媒体において、前記反平行状態となる磁性層の保磁力は、当該磁気記録媒体に含まれる前記複数の磁性層に関わる前記反強磁性交換結合の総和磁界よりも小さくなるように設定されている、ことを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項4】 請求項2又は3記載の磁気記録媒体において、前記反強磁性交換結合による磁界は少なくとも1000eである、ことを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項5】 請求項4記載の磁気記録媒体において、前記複数の磁性層のうちで、前記記録磁界に最も近い磁性層が最大の保磁力を有する、ことを特徴とする磁気記録媒体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は磁気記録媒体及び磁気記憶装置に係り、特に高密度記録に適した磁気記録媒体及び磁気記録装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 情報処理技術の発達に伴い、磁気記録媒体に対する高密度化の要求が高まっている。この要求を満たす磁気記録媒体に求められる特性は、例えばハードディスクでは、低ノイズ化と熱安定性の向上がある。

【0003】 磁気ディスク等の水平磁気記録媒体の記録密度は、媒体ノイズの低減及び磁気抵抗効果型ヘッド及びスピナルブヘッドの開発により、著しく増大した。代表的な磁気記録媒体は、基板と、下地層と、磁性層と、保護層とがこの順序で積層された構造を有する。下地層は、Cr又はCr系合金からなり、磁性層は、Co系合金からなる。

【0004】 媒体ノイズを低減する方法は、今までに各種提案されている。例えば、Okamoto et al., "Rigid Disk Medium For 5Gbit/in<sup>2</sup> Recording", AB-3, Intermag '96 Digestには、C

rMoからなる適切な下地層を用いて磁性層の膜厚を減少させることで、磁性層の粒子サイズ及びサイズ分布を減少させることが提案されている。又、米国特許第5,693,426号では、NiAlからなる下地層を用いることが提案されている。更に、Hosoe et al., "Experimental Study of Thermal Decay in High-Density Magnetic Recording Media", IEEE Trans. Magn. Vol. 33, 1528 (1997)では、CrTiからなる下地層を用いることが提案されている。上記の如き下地層は、磁性層の面内配向を促し残留磁化及びビットの熱安定性を増加させる。磁性層の膜厚を減少させて、解像度を高くする、或いは、書き込まれたビット間の遷移幅を減少させることも提案されている。更に、CoCr系合金からなる磁性層のCr偏析を促進させ、粒子間の交換結合を減少させることも提案されている。

【0005】 しかし、磁性層の粒子が小さくなり互いに磁氣的により孤立するにつれ、書き込まれたビットは、線密度に応じて増加する減磁界と熱活性化とにより不安定になる。Lu et al., "Thermal Instability at 10 Gbit/in<sup>2</sup> Magnetic Recording", IEEE Trans. Magn. Vol. 30, 4230 (1994)では、マイクロマグネティックシミュレーションにより、直径が10nmで400kfc iビットでKu V/kB T~60なる比の各粒子の交換結合を抑制された媒体では、大幅な熱的ディケイを受けやすいことが発表されている。ここで、Kuは磁気異方性の定数、Vは磁性粒子の平均質量、kBはボルツマン定数、Tは温度を示す。尚、Ku V/kB Tなる比は、熱安定性係数とも呼ばれる。

【0006】 Abarra et al., "Thermal Stability of Narrow Track Bits in a 5 Gbit/in<sup>2</sup> Medium", IEEE Trans. Magn. Vol. 33, 2995 (1997)では、粒子間の交換相互作用の存在が書き込まれたビットを安定化させることが、5 Gbit/in<sup>2</sup>のCoCrPtTa/CrMo媒体のアニールされた200kfc iビットのMFM(磁気間力顕微鏡)解析により報告されている。ところが、20 Gbit/in<sup>2</sup>以上の記録密度では、更なる粒子間の磁氣的結合の抑制が必須となる。

【0007】 これに対する順当な解決策は、磁性層の磁気異方性を増加させることであった。しかし、磁性層の磁気異方性を増加させるには、ヘッドの書き込み磁界に大きな負荷がかかってしまう。

【0008】 又、熱的に不安定な磁気記録媒体の保磁力は、He et al., "High Speed Switching in Magnetic Reco

rding Media", J. Magn. Mater. Vol. 155, 6 (1996) において磁気テープ媒体について、そして、J. H. Richter, "Dynamic Coercivity Effects in Thin Film Media", IEEE Trans. Magn. Vol. 34, 1540 (1997) において磁気ディスク媒体について報告されているように、スイッチ時間の減少に応じて急激に増加する。このため、データ速度に悪影響が生じてしまう。つまり、磁性層にどれくらい速くデータを書き込めるか、及び、磁性粒子の磁化を反転させるのに必要なヘッドの磁界強度が、スイッチ時間の減少に応じて急激に増加する。

【0009】他方、熱安定性を向上させる他の方法として、磁性層の下基板に適切なテクスチャ処理を施すことにより、磁性層の配向率を増加させる方法も提案されている。例えば、発行中のAkimoto et al., "Magnetic Relaxation in Thin Film Media as a Function of Orientation", J. Magn. Mater. (1999) では、マイクロマグネティックシミュレーションにより、実効的な  $K_u V/k_B T$  値が配向率の僅かな増加により増大することが報告されている。この結果、Abbarra et al., "The Effect of Orientation Ratio on the Dynamic Coercivity of Media for  $>15 \text{ Gbit/in}^2$  Recording", EB-02, Intermag '99, Korea において報告されているように、磁気記録媒体のオーバーライト性能を向上する保磁力の時間依存性をより弱めることができる。

【0010】更に、熱安定性を向上するための、キーパ磁気記録媒体も提案されている。キーパ層は、磁性層と平行な軟磁性層からなる。この軟磁性層は、磁性層の上又は下に配置される。多くの場合、Cr 磁気絶縁層が軟磁性層と磁性層との間に設けられる。軟磁性層は、磁性層に書き込まれたビットの減磁界を減少させる。しかし、磁性記録層と連続的に交換結合する軟磁性層の結合により、磁性層の粒子の減結合という目的が達成されなくなってしまう。その結果、媒体ノイズが増大する。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】前述した問題を解決する1つの提案として、本願の出願人はノエルアバラ他を発明者とする発明について先に関連の特許出願をしている（以下、関連特許出願とする：特願平11-161329号、平成11年6月8日）。この提案では、少なくとも1つの交換層構造と、該交換層構造上に設けられた第1の磁性層とを備え、該交換層構造は、第2の磁性層と、該第2の磁性層上で、且つ、該第1の磁性層下に設

けられた非磁性交換層とからなり、該第1の磁性層及び該第2の磁性層は互いに磁化方向が反平行となる磁気記録媒体により、書き込まれたビットの熱安定性を向上し、媒体ノイズを低減し、磁気記録媒体の性能に悪影響を及ぼすことなく信頼性の高い高密度記録を行える磁気記録媒体を実現できることが示されている。この提案では、互いに異なる膜厚で磁化方向が反平行である2つの強磁性層からなる構造の場合、互いに磁化の一部を打消し合うため、磁気記録媒体の有効粒子サイズは、解像度を実質的な影響を及ぼすことなく増加させることができる。したがって、粒子体積から見ると熱安定性の良い媒体を実現できるように磁性層の見掛け上の膜厚を増加させることができることが示されている。

【0012】すなわち、上記関連特許出願では複数設けた磁性層について、全体として熱安定性を向上させ、かつ媒体ノイズを低減するための基本的な構成が提案されている。このような好ましい構成を有する磁気記録媒体をより確実に機能させるためには、記録に係る磁性層を反平行状態に結合させる反強磁性結合の強さ、及び各磁性層の磁気特性の組み合わせについてより最適な条件を検討することが好ましい。

【0013】上記磁気記録媒体においては記録磁界が外部から供給されると磁性層が共に平行状態となり、その後、記録磁界が減じて無くなったとき（残留磁化状態）には所定磁性層（磁化方向が反転すべき磁性層）の磁化方向が反転して、隣の磁性層の磁化方向と反平行状態となっていること必要である。このように、所定磁性層の磁化方向が反転することで、前述したように複数からなる磁性層全体として見掛け上の膜厚を増加でき、熱安定性の良い磁気記録媒体を実現できる。

【0014】そのため、仮に残留磁化状態で所定磁性層の磁化方向の反転が起こらない事態が発生すると、これを原因として媒体ノイズが誘発され、磁気記録媒体自体の設計や磁気ヘッドの設計を困難なものとする。

【0015】ところで、一般に磁気記録媒体の熱安定性を向上させるときには、当業者であれば次の対策を主に指向する。

【0016】（1）磁性層の膜厚を増加させて粒子の体積を上げる。

【0017】（2）磁気異方数  $K_u$  を増加させる。

【0018】しかしながら、これらの対策を施すと所定磁性層の保磁力も増大することになり、磁化方向の反転が生じ難くなることが確認された。

【0019】そこで、本発明は、反転すべき磁性層の磁化方向が残留磁化状態で確実に反平行状態となるように形成し、ビットの熱安定性を向上すると共に媒体ノイズを低減して、信頼性の高い高密度記録が行える、複数の磁性層を含む磁気記録媒体を提供することを主な目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】上記目的は請求項1に記載の如く、複数の磁性層を含み、残留磁化状態で該複数の磁性層のうちで少なくとも1の磁性層の磁化方向が隣の磁性層の磁化方向と反平行状態となる磁気記録媒体であって、記録磁界が供給され前記反平行状態となる磁性層の磁化方向が前記隣の磁性層の磁化方向と平行状態された後、該記録磁界が減じたときに該磁化方向を反転させ前記隣の磁性層の磁化方向と反平行状態とする反転磁界が顕在化し、該反転磁界は前記記録磁界と同一符号の領域に存するように設定されている構成によって達成される。

【0021】請求項1記載の発明によれば、反平行状態となるべき所定の磁性層の磁化方向を反転させる反転磁界が、磁気記録媒体に供給した記録磁界と同一符号の領域で顕在化して作用する。よって、外部からの記録磁界により磁気記録媒体への磁気情報が記録され、記録磁界が減じ、無くなった残留磁化状態では、確実に所定の磁性層が反平行状態となる。したがって、ビットの熱安定性を向上すると共に媒体ノイズを低減して、信頼性の高い高密度記録が行える磁気記録媒体となる。

【0022】なお、ここで反平行状態とは、隣り合う磁性層の磁化方向が互いに平行或いは実質的に平行であり、磁化の向きが逆となっている状態である。同様に、平行状態とは、隣り合う磁性層の磁化方向が互いに平行或いは実質的に平行であり、磁化の向きが同じとなっている状態である。

【0023】また、ここでの反転磁界は、後述の説明でより明らかにするが、反平行状態となるべき所定の磁性層の保磁力や、隣の磁性層のとの結合磁界等により該所定の磁性層の磁化方向を反転させるように作用する磁界である。

【0024】また、請求項2に記載される如く、請求項1記載の磁気記録媒体において、前記反平行状態となる磁性層と前記隣の磁性層との間には、反強磁性交換結合を励起する非磁性交換層が形成されている、構成とすることができる。

【0025】請求項2記載の発明によれば、反強磁性交換結合を励起する非磁性交換層が反平行状態となるべき磁性層と隣の磁性層との間に形成されているので、隣り合う磁性層の磁化方向を確実に反平行状態とすることができる。

【0026】また、請求項3に記載される如く、請求項2記載の磁気記録媒体において、前記反平行状態となる磁性層の保磁力は、当該磁気記録媒体に含まれる前記複数の磁性層に関わる前記反強磁性交換結合の総和磁界よりも小さくなるように設定されていることが望ましい。

【0027】請求項3記載の発明によれば、前記反転磁界がより確実に前記記録磁界と同一符号の領域で生じるようにすることができる。

【0028】非磁性交換層を挟む上下2層の磁性層の間

には反強磁性交換結合磁界が発生する。さらに磁性層が3層となり、第1と第2磁性層との間、第2と第3磁性層との間に、それぞれ非磁性交換層を挟むと2つの反強磁性交換結合磁界が発生することになる。この2つの反強磁性交換結合磁界の和が総和磁界である。磁性層を4層以上で構成した場合も同様である。

【0029】また、請求項4に記載される如く、請求項2又は3記載の磁気記録媒体において、前記反強磁性交換結合による磁界は少なくとも1000eである、ことが望ましい。

【0030】請求項4記載の発明によれば、より好ましい磁気記録媒体を構成することができる。

【0031】また、請求項5に記載される如く、請求項4記載の磁気記録媒体において、前記複数の磁性層のうちで、前記記録磁界に最も近い磁性層が最大の保磁力を有する、構成とすることが好ましい。

【0032】請求項5記載の発明によれば、記録磁界に最も近く磁気記録に寄与する磁性層の磁化状態が最も安定した状態となる。よって、より安定した記録・再生が可能な磁気記録媒体とすることができる。

【0033】さらに、前記磁気記録媒体において、前記各磁性層は、Co、Ni、Fe、Fe系合金、Ni系合金及びCoCrTa、CoCrPt、CoCrPt-Mを含むCo系合金からなる群から選択された材料からなり、M=B、Mo、Nb、Ta、W又はこれらの合金とすることが望ましい。

【0034】また、前記反平行状態となる磁性層については1~10nm、前記隣の磁性層については1~30nmの範囲から選定された膜厚を有することがより望ましい。

【0035】上記のように構成すれば、より高感度に磁気情報を記録・再生できる磁性層を有する磁気記録媒体とすることができる。

【0036】また、前記磁気記録媒体において、前記非磁性交換層は、Ru、Rh、Ir、Cu、Cr及びこれらの合金からなる群から選択された材料とすることが好ましい。

【0037】また、前記磁気記録媒体において、前記非磁性交換層は0.4nmから1.0nmの範囲から選定された膜厚を有することがより望ましい。

【0038】上記のように構成すれば、非磁性交換層を挟む上下の磁性層をより確実に反平行状態とすることができる。ビットの熱安定性を向上すると共に媒体ノイズを低減して、信頼性の磁気記録媒体とすることができる。

【0039】さらに、前記磁気記録媒体を少なくとも1つ備えた磁気記録装置を作製すると、高密度記録が可能で高信頼の磁気記録装置として提供できる。

【0040】

【発明の実施の形態】以下、図面に基づいて本発明の好

適な実施の形態を説明するが、その前に本発明で用いる基本概念について説明する。

【0041】本発明は、互いに反平行である磁化構造を有する複数の層を用いるものである。例えば、S. S. P. Parkin, "Systematic Variation of the Strength and Oscillation Period of Indirect Magnetic Exchange Coupling through the 3d, 4d, and 5d Transition Metals", Phys. Rev. Lett. Vol. 67, 3598 (1991) においては、Ru, Rh等の薄い非磁性交換層を介して磁性層に結合するCo, Fe, Ni等の磁気遷移金属が説明されている。他方、米国特許第5,701,223号公報には、センサの安定化のために、上記の如き層を積層されたピンニング層として用いるスピナルブが提案されている。

【0042】2つの強磁性層の間に設けられたRu又はRh層が特定の膜厚を有する場合、強磁性層の磁化方向を互いに平行又は反平行にすることができる。例えば、互いに異なる膜厚で磁化方向が反平行である2つの強磁性層からなる構造の場合、磁気記録媒体の有効粒子サイズは、解像度を実質的な影響を及ぼすことなく増加させることができる。このような磁気記録媒体から再生された信号振幅は、逆方向の磁化により減少するが、これに対しては、積層磁性層構造の下に、適切な膜厚及び磁化方向の層を更に設けることで、1つの層による影響を打ち消すことができる。この結果、磁気記録媒体から再生される信号振幅を増大させ、且つ、実効粒子体積を増大させることができる。従って、熱安定性の高い書き込まれたビットを実現することができる。

【0043】本発明の磁気記録媒体が有する基本構成は、磁性層を他の磁性層と逆の磁化方向で交換結合させるか、或いは、積層フェリ磁性構造を用いることにより、書き込まれたビットの熱安定性を向上させる。強磁性層又は積層フェリ磁性構造は、交換一減結合された粒子からなる磁性層からなる。そして、特に本発明は、上記関連特許出願で示した磁気記録媒体の熱安定性の性能を向上させるためにの交換ピンング強磁性層又はフェリ磁性多層構造を基本構成とし、所定磁性層の磁化方向の反転が確実に生じるように複数含まれる磁性層の条件を定めるものである。

【0044】以下、第1実施例により複数の磁性層が満たすべき条件について説明する。

【0045】図1は、本発明になる磁気記録媒体の第1実施例の要部を示す断面図である。磁気記録媒体は、非磁性基板1、第1のシード層2、NiP層3、第2のシード層4、下地層5、非磁性中間層6、磁性層7、非磁性交換層8、磁性層9、保護層10及び潤滑層11が、図1に示すようにこの順序で積層された基本構造を有す

る。

【0046】なお、後述するように、非磁性基板1より最も遠い側、すなわち磁気記録媒体の表面に近く記録磁界に近い側の磁性層9は、磁性層7よりも高い保磁力を有するように形成されている。本実施例で外部の記録磁界による記録が実行された後に記録磁界が減じ、ゼロとなった残留磁化状態で磁化方向が反転しているのは磁性層7である。

【0047】図2から図3は第1実施例の磁気記録媒体について示し、磁性層7と磁性層9とによる磁性層（以下、実施例において複合磁性層とする）の磁化曲線を示している。各図において、縦軸は磁化M (emu/cc)、横軸は保磁力H (kOe)である。横軸において右側が符号正の領域であり、縦軸において上側が符号正の領域である。

【0048】図2は複合磁性層に関するヒステリシス曲線であり、図3は図2中において複合磁性層に10kOeの磁界を供給して飽和させ、参照符号SQで示す範囲内でさらに磁界を変化させて供給したときのマイナーループ曲線である。

【0049】図2において、複合磁性層に外部磁界を10(kOe)程度まで供給すると飽和し、外部磁界を減じていくと0(ゼロ)kOe(残留磁化状態)となる前に曲線がシフトして第1の反転磁界Sh-1が表れる。この反転磁界Sh-1では磁性層7の磁化方向のみが反転することが示されている。この反転磁界Sh-1が生じた部分では、磁性層9と磁性層7とが反平行状態となり、磁化の打消し合いが起こり保磁力が大きい磁性層9の差引き分の磁化が残る様子を確認できる。

【0050】さらに、外部磁界を負として供給すると第2の反転磁界Sh-2が表れる。このSh-2部分では磁性層9も磁化方向を反転させたことを示している。

【0051】さて、本発明で特に考慮するのは、第1の反転磁界Sh-1である。この反転磁界Sh-1は、磁性層7の保磁力及び複合磁性層(磁性層7及び9)からなる磁性層全体としての反強磁性結合磁界の関係と、前記外部磁界等の状態により顕在化する。より具体的には、反転すべき磁性層7の保磁力が、複合磁性層内での反強磁性結合の総和磁界よりも小さい場合において、記録磁界が供給され、これを減じゼロとなる前に磁性層7の磁化方向を反転させるような第1の反転磁界Sh-1が顕在化する。

【0052】上記外部磁界を磁気記録媒体に磁気情報を記録する記録磁界とすれば、複合磁性層に記録磁界が供給され磁性層7及び磁性層9が共に平行となり磁気情報が記録され、記録磁界が減じて0kOe(残留磁化状態)となる前に反転磁界が生じ磁性層7の磁化方向が反転する。磁気記録媒体から見ると記録保持状態は記録磁界が0kOeである残留磁化状態であり、磁性層7の磁化が磁性層9の磁化の一部を打消す状態となる。よっ



て、磁気記録媒体から再生される信号振幅を増大させ、且つ、実効粒子体積を増大させることができる。従って、熱安定性の高い書き込まれたビットを実現できることになる。

【0053】ここで、図3に示したマイナーループ曲線を参照する。このマイナーループ曲線は磁性層7の磁界特性に基づくヒステリシス曲線HYSと見ることができ、このヒステリシス曲線HYSはシフト量 $H_{ex}$ を有している。この $H_{ex}$ は磁性層9と磁性層7とを磁氣的に結合する反強磁性結合磁界に相当するものである。この反強磁性結合磁界 $H_{ex}$ の強度については特に限定はないが、少なくとも1000eとなるように設定することが好ましい。

【0054】さらに、図3において、磁性層7のヒステリシス曲線HYSの中央を原点としてX軸、Y軸を想定する。当然に、Y軸は本来の縦軸から右へ反強磁性結合磁界 $H_{ex}$ 分シフトしている。そして、ヒステリシス曲線HYSとX軸との交点は、磁性層7の保磁力 $H_c$ を表している。この保磁力はY軸を基準として見ると左右に存在し符号が正・負となるが、図2及び図3における本来の基準、縦軸から見ると、両保磁力 $H_{ca}$ 、 $H_{cb}$ 共に正の符号側である。

【0055】そして、この図3から前述した条件、記録磁界が減じて0kOe（残留磁化状態）となる前に磁性層7の磁化方向が反転すること、すなわち、反転磁界 $S_{h-1}$ が正側に現われるようにする条件は、磁性層7、9間の反強磁性結合磁界 $H_{ex} >$  磁性層7の保磁力 $H_c$ である。よって、磁性層7の保磁力 $H_c$ を抑制するように、その層厚を薄く形成することが好ましい条件の1つであることが分かる。

【0056】なお、上記説明では外部磁界を正側へ供給し、その後負側に向け減じたことを前提としているが、その逆に外部磁界を負側へ供給し、その後正側に向け減じた場合には各現象が対称的に生じる。この点は、図2から明らかであるので重複する説明は省略する。

【0057】さて、図4は上述した本実施例の磁気記録媒体の複合磁性層とは異なり、磁性層7に対応する磁性層の保磁力 $H_{cr}$ を反強磁性結合磁界 $H_{ex}$ より大きくした場合を比較例として、図2と同様に示している。図4においては、磁性層7に対応する磁性層の磁化方向の反転 $s_h$ が横軸で負側、すなわち逆符号の磁界を受けた時に顕在化している。図4で示す複合磁性層は、記録磁界が減じ0kOe（残留磁化状態）となっても、互いに反平行状態とはならず平行状態が維持されてしまうことを示している。このように2つの磁性層が平行状態であると磁化が重畳した状態となる。この状態で磁気ヘッドによる再生が実行されることになると、先に問題として指摘したように、媒体ノイズの発生を誘発し、磁気ヘッドの設計等を困難とするのである。

【0058】しかし、本第1実施例の磁気記録媒体の場合

は、残留磁化状態では確実に磁性層7が反転しているので上記問題を生じないのである。

【0059】なお、図5から図7は、上記複合磁性層に関し磁性層7の層厚を変化させた場合について示している。図5は磁性層7の層厚と磁性層7の保磁力 $H_c$ との関係、図6は磁性層7の層厚と反強磁性結合磁界 $H_{ex}$ との関係、図7は磁性層7の層厚と、複合磁性層の残留磁化 $M_r$ と膜厚 $\delta$ の積 $M_r \cdot \delta$ との関係を示している。

【0060】図5では、磁性層7の層厚が増加するとその保磁力 $H_c$ も増加することが示される。しかし、図6を参照すると、磁性層7の層厚の増加は反強磁性結合磁界 $H_{ex}$ に殆ど寄与しないことが分かる。その一方で、図7によると、磁性層7の層厚が4nmを越えると複合磁性層の $M_r \cdot \delta$ が予想した（designed）値を大きく上回ることが示されている。この状態は、先に問題として指摘した、磁性層7の磁化方向が反転せず、磁性層7と磁性層9の磁化方向が平行状態で維持されてしまうことを示している。

【0061】上記図5から図7によっても、磁性層7を薄く、すなわち保磁力を低く押さえることが有効であり、このように構成しても磁性層9との反強磁性結合磁界 $H_{ex}$ に悪影響がないことが確認できる。

【0062】再度、図1を参照して磁気記録媒体の各層の構成を説明する。非磁性基板1は、例えばAl、Al合金又はガラスからなる。この非磁性基板1は、テクスチャ処理を施されていても、施されていなくても良い。第1のシード層2は、特に非磁性基板1がガラスからなる場合には、例えばNiPからなる。NiP層3は、テクスチャ処理又は酸化处理を施されていても、施されていなくても良い。第2のシード層4は、下地層5にNiAl、FeAl等のB2構造の合金を用いた場合の下地層5の（001）面又は（112）面の配向を良好にするために設けられている。第2のシード層4は、第1のシード層2と同様な適切な材料からなる。

【0063】磁気記録媒体が磁気ディスクの場合、非磁性基板1又はNiP層3に施されるテクスチャ処理は、ディスクの周方向、即ち、ディスク上のトラックが延在する方向に沿って行われる。

【0064】非磁性中間層6は、磁性層9のエピタキシャル成長、粒子分布幅の減少、及び磁気記録媒体の記録面と平行な面に沿った磁性層9の異方性軸（磁化容易軸）の配向を促進するために設けられている。この非磁性中間層6は、CoCr-M等のhcp構造を有する合金からなり、1～5nmの範囲に選定された膜厚を有する。ここで、M=B, Mo, Nb, Ta, W又はこれらの合金である。

【0065】磁性層7及び磁性層9は、Co、Ni、Fe、Co系合金、Ni系合金、Fe系合金等からなる。つまり、CoCrTa、CoCrPt、CoCrPt-Mを含むCo系合金を、磁性層7及び磁性層9に用いる



ことができる。ここで、 $M=B$ 、 $Mo$ 、 $Nb$ 、 $Ta$ 、 $W$  又はこれらの合金である。この磁性層7は、 $1\sim 10\text{ nm}$ の範囲に選定された膜厚を有する。この磁性層9は、 $1\sim 30\text{ nm}$ の範囲に選定された膜厚を有する。但し、前述した説明から明らかなように、磁性層7及び9に同様な材料を用いるときには、保磁力を大きくする磁性層9の層厚は磁性層7よりも厚くなる。勿論、磁性層7及び磁性層9の各々は単層構造のものに限らず、多層構造からなる構成であってもよいことは言うまでもない。

【0066】磁性層7は、適切な材料、膜厚を使用することにより前述した条件を満たすように形成する。すなわち、磁性層7の保磁力が、磁性層7と磁性層9との反強磁性結合による磁界より小さくなるように形成される。この結果、磁性層7の磁化方向を反転させる前記反転磁界は、記録磁界と同一の符号の領域側で生じ、残留磁化状態では磁性層7の磁化方向が磁性層9の磁化方向と反平行状態となる。

【0067】反転磁界は正側の記録磁界が供給されたときにはゼロより大きい正の値を有することになり。その逆に負側の記録磁界が供給されたときにはゼロより小さい負の値を有することになる。そして、反転磁界が正・負のどちら側で生じても、記録磁界が磁性層7に供給された際には、磁性層7の磁化方向は磁性層9と略平行となり、記録磁界が減じてゼロとなる前にその記録磁界の符号と同一符号の領域で磁化方向を反転させて磁性層9と反平行状態となるのである。

【0068】磁性層9は、磁性層7と同様に適切な材料、膜厚で形成することができるが、少なくとも $2000\text{ Oe}$ 以上の保磁力を有するように形成することが望ましい。このような磁気特性を持たせることにより、残留磁化状態で磁性層7及び磁性層9の磁化方向を互いに反平行状態とし、前述したように磁性層9の磁化の一部を磁性層7の磁化で打消す状態を安定的に維持することができる。

【0069】なお、最適な記録状態を維持するためには、基板1から最も遠い磁性層が最大の保磁力を有するように各磁性層を構成することが望ましい。

【0070】非磁性交換層8は、 $Ru$ 、 $Rh$ 、 $Ir$ 、 $Cu$ 、 $Cr$ 及びこれらの合金等からなる。例えば、この非磁性交換層8は、 $0.4\sim 1.0\text{ nm}$ の範囲に選定された膜厚を有し、好ましくは約 $0.8\text{ nm}$ の膜厚を有する。非磁性交換層8の膜厚をこのような範囲に選定することにより、磁性層7及び磁性層9の磁化方向が互いに反平行状態となるように設定できる。この非磁性交換層8は磁性層7と磁性層9の間で生じる反強磁性的交換結合を誘起するので、前述した反強磁性結合磁界 $H_{ex}$ はこの非磁性交換層8に基づいて調整できる。

【0071】本実施例の磁性層7及び磁性層9並びに非磁性結合層8は積層フェリ磁性構造を構成する。

【0072】保護層10は、例えばCからなる。又、潤

滑層11は、磁気記録媒体を例えばスピンバルブヘッド等の磁気トランスデューサと使用するための、有機物潤滑剤からなる。保護層10及び潤滑層11は、磁気記録媒体上の保護層構造を構成する。

【0073】フェリ磁性多層構造の下に設けられる層構造は、勿論図1に示すものに限定されない。例えば、下地層5はCr又はCr系合金からなり、基板1上に $5\sim 40\text{ nm}$ の範囲に選定された膜厚に形成し、積層フェリ磁性構造は、このような下地層5に設けてもよい。また、下地層5はCr又はCr系合金からなる2層からなり、基板1上にそれぞれ $5\sim 40\text{ nm}$ の範囲に選定された膜厚に形成し、積層フェリ磁性構造はこのような下地層5上に設けてもよい。

【0074】本実施例では、磁性層7の残留磁化 $M_{r7}$ と膜厚 $\delta_7$ との積 $M_{r7}\cdot\delta_7$ は、磁性層9の残留磁化の残留磁化 $M_{r9}$ と膜厚 $\delta_9$ との積 $M_{r9}\cdot\delta_9$ よりも小さくなるように設定されることになる。よって、磁性層7と磁性層9との複合磁性層、すなわち磁性層全体として見ると、磁性層7が反平行状態のときには、その差 $(M_{r9}\cdot\delta_9 - M_{r7}\cdot\delta_7)$ が磁気記録媒体の信号強度となって表れる。磁性層が3層以上の場合も同様である。

【0075】図2及び図3で示した上記第1実施例では、磁性層7、9の2層からなる複合磁性層とし、磁性層7の保磁力 $H_c$ と反強磁性結合磁界 $H_{ex}$ との関係について説明した。しかし、本発明は磁性層が2層である場合に限るものではない。磁性層を3層以上の複数で構成した場合は、反転すべき磁性層の保磁力 $H_c$ が磁性層全体として見たときの反強磁性結合磁界 $H_{ex}$ の総和よりも小さくなるように設定されていけばよいのである。この点を次の第2実施例で説明する。

【0076】図8は、本発明の第2実施例として磁性層を3層で形成した場合の磁気記録媒体について示している。但し、図8において磁性層の上下に設けられる各層は第1実施例と同様であるので省略し、磁性層とその間に形成される非磁性交換層のみを示している。

【0077】図8に示す3層の複合磁性層の場合にも、基板から最も遠い第1の磁性層39が最も大きい保磁力を有する。第1の磁性層39と第2の磁性層37との間には第1の非磁性交換層38が形成され、反強磁性交換結合磁界 $H_{ex1}$ を生じさせる。また、第2の磁性層37と第3の磁性層35との間には第2の非磁性交換層36が形成され、反強磁性交換結合磁界 $H_{ex3}$ を生じさせる。

【0078】そして、本第2実施例の場合には、第2の磁性層37が磁化方向を反転させる磁性層となり、この磁性層37の保磁力 $H_{c2}$ が、複合磁性層の反強磁性交換結合の総和磁界 $(H_{ex1} + H_{ex3})$ より小さくなるように形成することで、第1実施例の磁気記録媒体と同様に機能する磁気記録媒体とすることができる。

本第2実施例による磁気記録媒体は磁性層を3層有するので、設計の自由度が大幅に増加することになる。

【0079】次に、本発明になる磁気記憶装置の一実施例を、図9及び図10と共に説明する。図9は磁気記憶装置の一実施例の要部を示す断面図であり、図10は同装置の要部を示す平面図である。

【0080】図9及び図10に示すように、磁気記憶装置は大略ハウジング13からなる。ハウジング13内には、モータ14、ハブ15、複数の磁気記録媒体16、複数の記録再生ヘッド17、複数のサスペンション18、複数のアーム19及びアクチュエータユニット20が設けられている。磁気記録媒体10はモータ14により回転されるハブ15に取付けられている。記録再生ヘッド17は、MRヘッドやGMRヘッド等の再生ヘッドと、インダクティブヘッド等の記録ヘッドとからなる複合型の記録再生ヘッドである。各記録再生ヘッド17は、対応するアーム19の先端にサスペンション18を介して取付けられている。アーム19はアクチュエータユニット20により駆動される。この磁気記憶装置の基本構成自体は周知であり、その詳細な説明は本明細書では省略する。

【0081】上記磁気記憶装置の実施例は磁気記録媒体10に特徴がある。各磁気記録媒体10は、図10或いは図8で説明した構成を有する。勿論、磁気記録媒体10の数は3枚には限定されず、1枚でも、2枚又は4枚以上であってもよい。

【0082】本磁気記憶装置の基本構成は、図9及び図10に示すものに限定されるものではない。また、本発明で用いる磁気記憶媒体は磁気ディスクに限定されるものではない。

【0083】以上本発明の好ましい実施例について詳述したが、本発明に係る特定の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

【0084】なお、以上の説明に関して更に以下の付記を開示する。

【0085】(付記1) 複数の磁性層を含み、残留磁化状態で該複数の磁性層のうちで少なくとも1の磁性層の磁化方向が隣の磁性層の磁化方向と反平行状態となる磁気記録媒体であって、記録磁界が供給され前記反平行状態となる磁性層の磁化方向が前記隣の磁性層の磁化方向と平行状態された後、該記録磁界が減じたときに該磁化方向を反転させ前記隣の磁性層の磁化方向と反平行状態とする反転磁界が顕在化し、該反転磁界は前記記録磁界と同一符号の領域に存するように設定されている、磁気記録媒体。

【0086】(付記2) 付記1記載の磁気記録媒体において、前記反平行状態となる磁性層と前記隣の磁性層との間には、反強磁性交換結合を励起する非磁性交換層が形成されている、ことを特徴とする磁気記録媒体。

【0087】(付記3) 付記2記載の磁気記録媒体において、前記反平行状態となる磁性層の保磁力は、当該磁気記録媒体に含まれる前記複数の磁性層に関わる前記反強磁性交換結合の総和磁界よりも小さくなるように設定されている、ことを特徴とする磁気記録媒体。

【0088】(付記4) 付記2又は3記載の磁気記録媒体において、前記反強磁性交換結合による磁界は少なくとも1000eである、ことを特徴とする磁気記録媒体。

【0089】(付記5) 付記4記載の磁気記録媒体において、前記複数の磁性層のうちで、前記記録磁界に最も近い磁性層が最大の保磁力を有する、ことを特徴とする磁気記録媒体。

【0090】(付記6) 付記1から5いずれかに記載の磁気記録媒体において、前記各磁性層は、Co、Ni、Fe、Fe系合金、Ni系合金及びCoCrTa、CoCrPt、CoCrPt-Mを含むCo系合金からなる群から選択された材料からなり、M=B、Mo、Nb、Ta、W又はこれらの合金である、ことを特徴とする磁気記録媒体。

【0091】(付記7) 付記6記載の磁気記録媒体において、前記反平行状態となる磁性層については1~10nm、前記隣の磁性層については1~30nmの範囲から選定された膜厚を有する、ことを特徴とする磁気記録媒体。

【0092】(付記8) 付記2から7いずれかに記載の磁気記録媒体において、前記非磁性交換層は、Ru、Rh、Ir、Cu、Cr及びこれらの合金からなる群から選択された材料からなる、ことを特徴とする磁気記録媒体。

【0093】(付記9) 付記8記載の磁気記録媒体において、前記非磁性交換層は0.4nmから1.0nmの範囲から選定された膜厚を有する、ことを特徴とする磁気記録媒体。

【0094】(付記10) 付記1から9いずれかに記載の磁気記録媒体を少なくとも1つ備えた磁気記録装置。

【0095】

【発明の効果】以上詳述したところから明らかなように、請求項1記載の発明によれば、反平行状態となるべき所定の磁性層の磁化方向を反転させる反転磁界が、磁気記録媒体に供給した記録磁界と同一符号の領域で顕在化して作用する。よって、ビットの熱安定性が向上すると共に媒体ノイズを低減して、信頼性の高い高密度記録が行える磁気記録媒体となる。

【0096】また、請求項2記載の発明によれば、反強磁性交換結合を励起する非磁性交換層が反平行状態となるべき磁性層と隣の磁性層との間に形成されているので、隣り合う磁性層の磁化方向を確実に反平行状態とすることができる。

【0097】また、請求項3記載の発明によれば、前記反転磁界がより確実に前記記録磁界と同一符号の領域で生じることができる。

【0098】また、請求項4記載の発明によれば、より好ましい磁気記録媒体を構成することができる。

【0099】また、請求項5記載の発明によれば、記録磁界に最も近く磁気記録に寄与する磁性層の磁化状態が最も安定した状態となる。よって、より安定した記録・再生が可能な磁気記録媒体とすることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明になる磁気記録媒体の第1実施例の要部を示す断面図である。

【図2】第1実施例の2つの磁性層に関する磁化Mと保磁力Hのヒステリシス曲線を示す図である。

【図3】図2中において参照符号SQで示す範囲内で磁界を変化させて供給したときのマイナーループ曲線を示す図である。

【図4】比較例の2つの磁性層に関する磁化Mと保磁力Hのヒステリシス曲線を示す図である。

【図5】反転する磁性層の層厚とこの磁性層の保磁力 $H_c$ との関係について示す図である。

【図6】反転する磁性層の層厚と反強磁性結合磁界 $H_{ex}$ との関係について示す図である。

【図7】反転する磁性層の層厚と複合磁性層の残留磁化

$M_r$ と膜厚 $\delta$ との積 $M_r \cdot \delta$ との関係を示す図である。

【図8】本発明の第2実施例として磁性層を3層で形成した場合の磁気記録媒体について示す図である。

【図9】磁気記憶装置の一実施例の要部を示す断面図である。

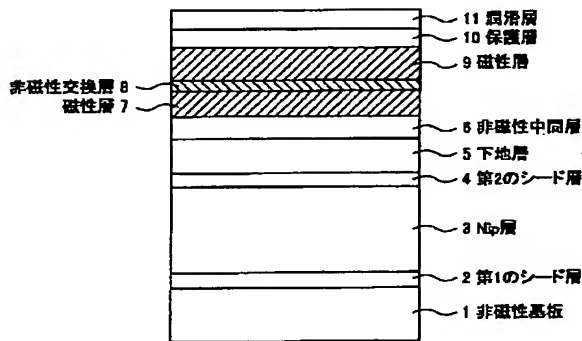
【図10】図9に示した磁気記憶装置の要部を示す平面図である。

#### 【符号の説明】

- |    |                  |
|----|------------------|
| 1  | 非磁性基板            |
| 2  | 第1のシード層          |
| 3  | NiP層             |
| 4  | 第2のシード層          |
| 5  | 下地層              |
| 6  | 非磁性中間層           |
| 7  | 磁性層（反平行状態となる磁性層） |
| 8  | 非磁性交換層           |
| 9  | 磁性層（隣の磁性層）       |
| 10 | 保護層              |
| 11 | 潤滑層              |
| 35 | 第3の磁性層           |
| 36 | 第2の非磁性交換層        |
| 37 | 第2の磁性層           |
| 38 | 第1の非磁性交換層        |
| 39 | 第1の磁性層           |

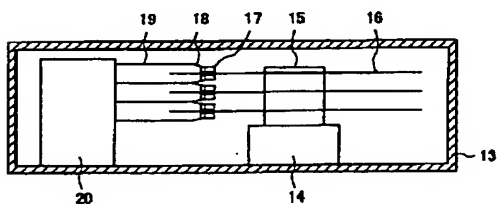
【図1】

本発明になる磁気記録媒体の第1実施例の要部を示す断面図



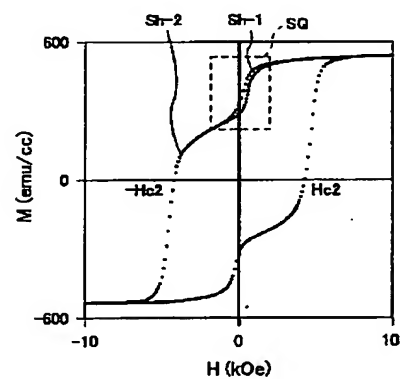
【図9】

磁気記憶装置の一実施例の要部を示す断面図



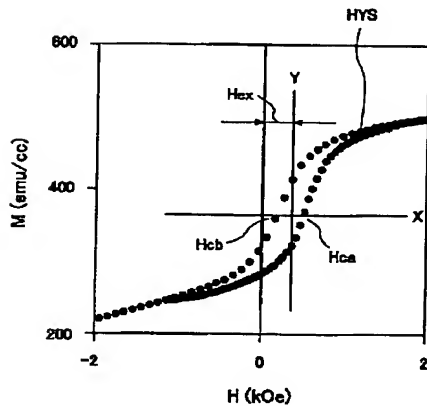
【図2】

第1実施例の2つの磁性層に関する磁化Mと保磁力Hのヒステリシス曲線を示す図



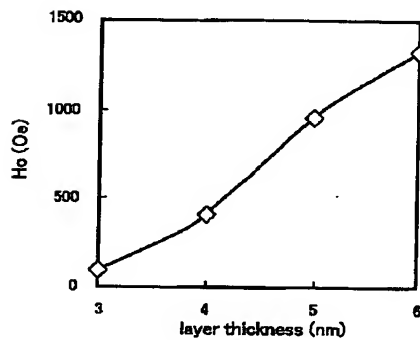
【図3】

図2中において参照符号SQで示す範囲内で磁界を変化させて供給したときのマイナーループ曲線を示す図



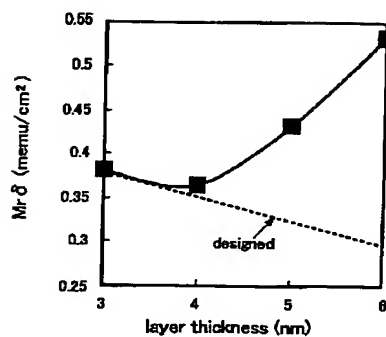
【図5】

反転する磁性層の層厚とこの磁性層の保磁力  $H_c$  との関係について示す図



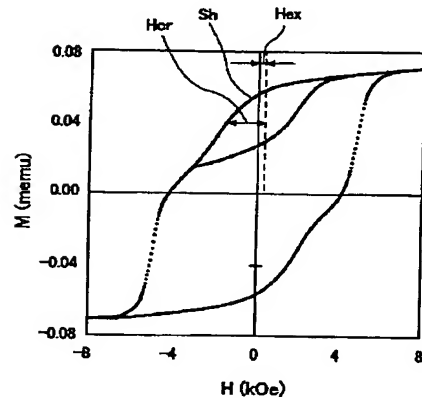
【図7】

反転する磁性層の層厚と複合磁性層の残留磁化  $M_r$  と膜厚  $\delta$  との積  $M_r \cdot \delta$  との関係を示す図



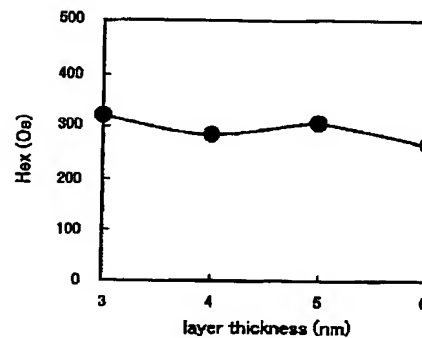
【図4】

比較例の2つの磁性層に関する磁化Mと保磁力Hのヒステリシス曲線を示す図



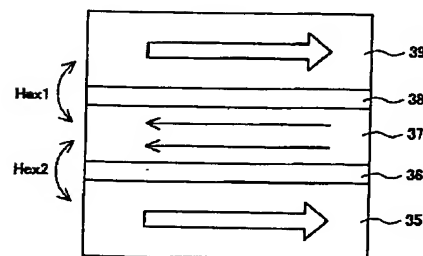
【図6】

反転する磁性層の層厚と反強磁性結合磁界  $H_{ex}$  との関係について示す図



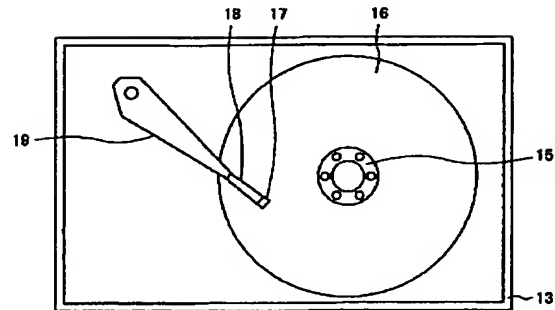
【図8】

本発明の第2実施例として磁性層を3層で形成した場合の磁気記録媒体について示す図



【図10】

図9に示した磁気記憶装置の要部を示す平面図



フロントページの続き

(72) 発明者 ビ ラマムルティ アチャリヤ  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

Fターム(参考) 5D006 BB07 BB08 CA05 FA04 FA09  
5E049 AA01 AA04 AA07 CB02 CC01  
DB02 DB04 DB12

1412 PAGE 10/11

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**